المحاضرة الثالثة

الضوء

بعد دراسة هذه الوحدة ينبغي أن يكون الطالب قادراً على:

- تعريف الضوء والتطور في فهم طبيعة الضوء
- كيفية قياس سرعة الضوء
- معرفة مفهوم انعكاس الضوء
- معرفة مفهوم انكسار الضوء
- فهم خاصية انتشار الضوء
- معرفة طبيعة الموجات الكهرومغناطيسية
- فهم البصريات الهندسية (المرايا والعدسات)
- معرفة تداخل الموجات الضوئية
- الالمام ببعض تطبيقات الضوء في المجال الزراعي

طبيعة الضوء:

يمكن القول أن الضوء يظهر سلوكاً موجياً في بعض الأحيان، وفي أحيان أخرى يظهر سلوكاً خاصاً بالأجسام.

تعريف الضوء:

تستخدم كلمة ضوء للتعبير عن الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي يمثل جزءاً ضيقاً من كامل الطيف الكهرومغناطيسي؛ هذا الجزء من الطيف الكهرومغناطيسي هو الجزء الذي يمكن للعين البشرية أن تدركه، وهو يتراوح بين الطول الموجي ٧٠٠ نانومتر للضوء الأحمر والطول الموجي ٤٠٠ نانومتر للضوء البنفسجي.

وكل ما ينطبق على الطيف الكهرومغناطيسي من قوانين ينطبق أيضاً على هذا الجزء، وعلى الأرض تعد الشمس أكبر مصدر للطيف الكهرومغناطيسي كاملاً، وبهذا يمكن استغلال ضوء الشمس في العديد من نشاطات الحياة اليومية.

التطور في فهم طبيعة الضوء:

إسحاق نيوتن: قاد فكرة أن الضوء عبارة عن جسيمات تنطلق من الأجسام التي نراها.

الحسن بن الهيثم: هو مؤسس علم الضوء الحديث أول من صحح نظريات الإغريق عن الضوء التي كانت تقول أن الضوء إما أن يخرج من العين فيضئ الأشياء أو أن الأشياء نفسها تشع الضوء الى العين وأثبت أن الضوء ينعكس من الأشياء الى العين وكذلك أول من اكتشف الأطوال الموجية فى ألوان الطيف المرئي وكان أول من سجل صورة إنعكاسات أشعة الضوء على الأشياء وتسجيلها فى غرف مظلمة من خلال ثقب ضيق وهو أول من إخترع الكاميرا وأول من من إهتم بالتجربة لإثبات النظرية أو إستعمال الرياضيات فى ذلك وذلك قبل عصر النهضة الأوربي

ابن سهيل

إكتشف قانون إنكسار الضوء إذا مر خلال وسط مختلف فى الكثافة وليس Snell مكتشف انكسار الضوء، وحدد زاوية السقوط والانكسار بالنسبة لخط رئيسي.

الفيزيائي والفلكي الهولندي كرستيان هويجنس Christian Huygens : اقترح أن الضوء عبارة عن نوع من الأمواج، وتمكنت النظرية الموجية لهويجنس من تفسير ظاهرتي الانعكاس والانكسار للضوء.

توماس يونغ Thomas Young : تمكن من إثبات أن الضوء موجة عن طريق جعل الضوء يتداخل، الأمر الذي سوف يؤدي إلى انخفاض شدة الضوء (أو اختفائه بالكامل) أو زيادة شدة الضوء (أو تضاعف شدته)، هاتين الظاهرتين يعرفان بالتداخل الهدام والتداخل البناء على الترتيب.

ماكسويل Maxwell : دعم أيضاً النظرية الموجية للضوء نظراً لعمله في الكهرباء والمغناطيسية. تمكنت النظرية الموجية للضوء من تفسير معظم الظواهر الضوئية، إلا أنها فشلت في تفسير بعض الظواهر، مثل: الظاهرة الكهروضوئية (Photoelectric Effect)، الظاهرة التي نرى من خلالها انطلاق إلكترون من سطح المعدن عند تسليط ضوء عليه، وكان فشل النظرية الموجية للضوء يكمن في أن الطاقة الحركية لكل إلكترون لا تعتمد على شدة الضوء الساقط، وإنما على تردده، بينما يعتمد عدد الإلكترونات المنبعثة من سطح المعدن على شدة الضوء الساقط على هذا المعدن.

ألبرت آينشتاين Albert Einstein : تمكن من تفسير هذه الظاهرة مستعيناً بمفهوم تكميم الطاقة الذي وضعه العالم ماكس بلانك، وكنتيجة لتفسيره لهذه الظاهرة حاز على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٢١م.

نظريات الضوء :

تتلخص نظريات الضوء فى نظريتين أساسيتين:

النظرية الأولى وهى الأقدم تعتبر الضوء عبارة عن جسيمات Particles تنبعث من مصدر ضوئى وهذه تؤثر على الرؤية فى العين للإحساس بها.

أما النظرية الثانية وهى فى الأساس نظرية ماكسويل (1873) Maxell الذى أكد أن الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية عالية التردد electromagnetic وقد تنبأت نظريته أن هذه الموجات لابد أن يكون لها سرعة حوالى 3×10^8 m/s وهى بالتقريب قريبة من سرعة الضوء وقد تمكن ماكسويل من الإستدلال على هذه الموجات بالتجربة عام 1887 وقد زعم هرتز Hertz وغيره من الباحثين أن هذه الموجات أظهرت إنعكاسا وإنكسارا وكل الصفات الموجية الأخرى.

وقد أثبتت التجارب فيما بعد أن الطاقة الحركية للإلكترونات لا تعتمد على قوة الضوء، إلا أن أينشتين عام ١٩٠٥ استعمل فكرة الكوانتم التى طورها ماكس بلانك عام ١٩٥٥ ونموذج الكوانتم هذا يفترض أن طاقة الموجة الضوئية توجد على هيئة حزم تسمى فوتونات photons وطبقا لنظرية أينشتين فإن طاقة الفوتون تتناسب مع تردد الموجه الكهربية المغناطيسية حيث:

$$E = hf$$

حيث E هى طاقة الفوتون

h هو ثابت بلانك ويساوى 6.63×10^{-34} J.s

وهو ثابت ذرى يوجد فى معادلات الاشعاع الذرى.

قياس سرعة الضوء:

الفكرة الأساسية لطريقة فيزو Fizeau (1849) تعتمد على قياس الفترة الزمنية التى ينطلق فيها شعاع ليسقط على مرآة عاكسة ورجوعه الى نقطة انطلاقه فإذا كانت المسافة من نقطة الانطلاق الى المرآة d فإن المسافة الكلية للانطلاق والرجوع هى 2d وإذا كان زمن الانطلاق الأول t فإن السرعة :

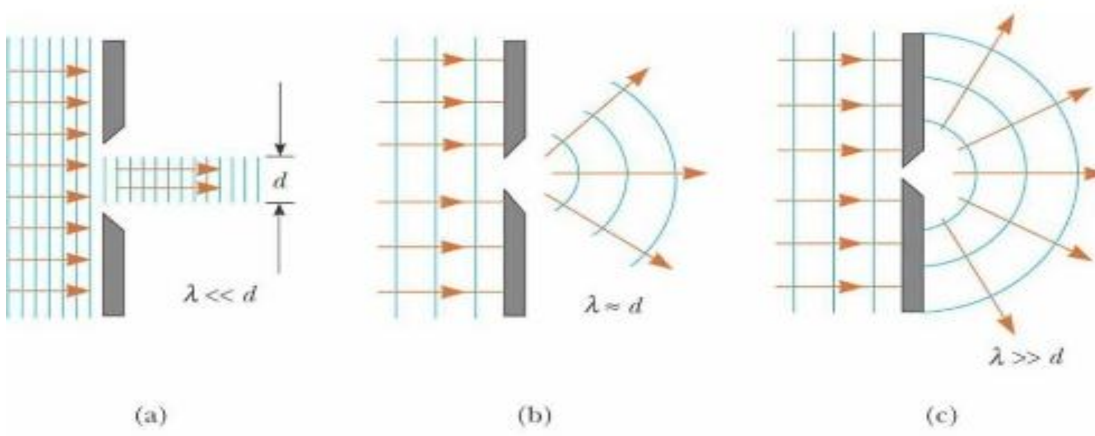
$$C = 2 d / t$$

ولقياس وقت الرحلة الواحدة فإن فيزو استعمل عجلة مثل الترس لها أسنان يمر الضوء خلال فجوة فى أسنان الترس ويرجع من خلال السنة الثانية بدوران الترس ومن هنا فإن إدارة الترس المسلط عليه الضوء والمنطلق الى المرآة على مسافة d ثم عودة الشعاع الى الترس بعد دورانه يجعل الشخص المراقب يرى الضوء عبارة عن نبضات يمكن تسجيل سرعة ظهورها بدورات الترس فإذا علمت المسافة d وعدد أسنان الترس والسرعة الزاوية للعجلة فقد تمكن فيزو من تعيين سرعة الضوء وهي:

$$c = 3.1 \times 10^{8} \ m/s$$

لدراسة خواص الضوء:
الانعكاس، الإنكسار، الانتشار وحيود الضوء عن مساره diffraction
نفترض أن الأشعة عبارة عن حزمة متوازية مستقيمة تسير فى إتجاه عمودى على جهة الموجة فإذا لاقى حاجزا مصمتا لا يمر الضوء أما إذا كان الحاجز مثقبا فهناك الاحتمالات التالية:

- قطر الثقب d أكبر من الطول الموجي λ يمر الضوء فى خطوط مستقيمة
- قطر الثقب يساوى تقريبا الطول الموجي d≈ λ فإن الضوء ينتشر خارج الثقب فى جميع الاتجاهات وتسمى هذه الظاهرة بحيود الضوء diffraction
- قطر الثقب أقل من الطول الموجي أو بمعنى آخر إذا كان الطول الموجي أكبر بكثير من قطر الثقب يحدث انتشار للضوء كما هو موضح فى الشكل التالي.



١- انعكاس الضوء:

هو ارتداد أشعة الضوء إلي نفس وسط السقوط عندما تقابل سطحاً عاكساً

إذا مر الضوء من وسط الى آخر مختلف عنه فى الكثافة يحدث له انعكاس إلى نفس الوسط القادم منه ويلاحظ أنه إذا كانت الأشعة الساقطة مستقيمة ومتوازية فإن الأشعة المنعكسة تكون أيضا مستقيمة ومستوية

وتكون زاوية سقوط الشعاع θ_1 (الزاوية التى يصنعها مع العمودي بالنسبة للخط المستقيم الفاصل بين الوسطين) مساوية لزاوية الإنعكاس $\theta_1^{/}$ (الزاوية بين الخط نفسه والشعاع المنعكس

$$\theta_1 = \theta_1^{/}$$

٢- انكسار الضوء Refraction

ظاهرة انحراف الشعاع الضوئي عن مساره عند عبوره السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين.

هو تغير سرعة الضوء عند انتقاله من وسط إلى آخر شريطة أن يمتلك الوسطان معاملي انكسار مختلفين؛ بحيث تقل سرعة الضوء لو انتقل من وسط يمتلك معامل انكسار أقل إلى وسط يمتلك معامل انكسار أعلى، والعكس بالعكس

مع ملاحظة أن زاوية السقوط تساوى زاوية الانكسار

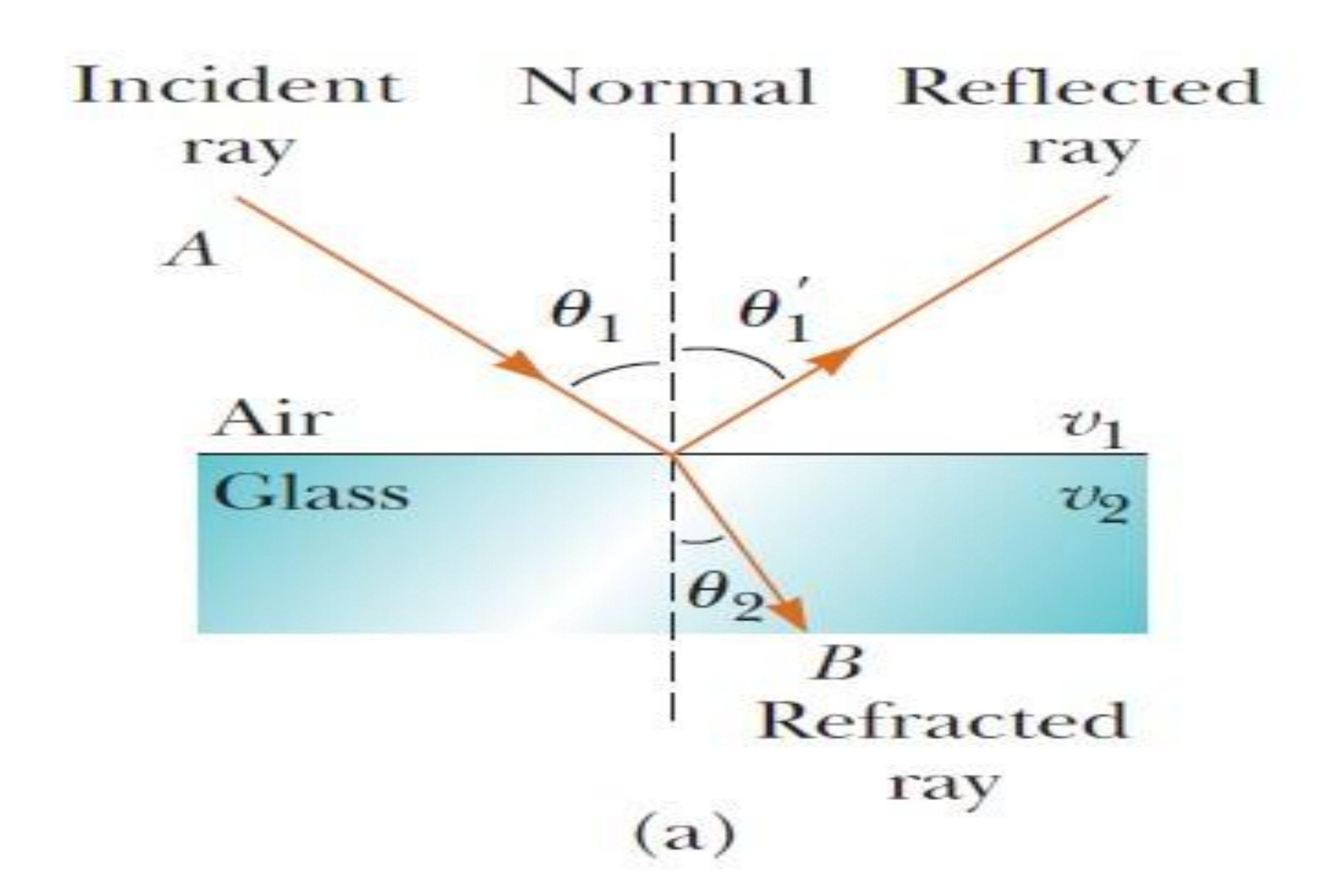
وهناك علاقة بين زاوية السقوط وزاوية الانكسار تعتمد على سرعة مرور الضوء v كما فى المعادلة :

$$\frac{sine\ \theta_2}{sine\ \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = constant$$

حيث أن

$v_1 =$ سرعة الضوء فى الوسط الأول

$v_2 =$ سرعة الضوء فى الوسط الثانى كما فى الشكل التالى :


Incident ray
Normal
Reflected ray
A
θ_1
θ_1'
Air
v_1
Glass
v_2
θ_2
B
Refracted ray
(a)

إذا مر الضوء خلال فراغ vacuum نجد أن سرعته تكون أسرع من أى سرعة له فى وسط آخر وتسمى السرعة الأولى السرعة العظمى وتسمى نسبة السرعة فى الفراغ إلى السرعة فى أى وسط معامل الانكسار index of Refraction (n):

$$n = \frac{\text{سرعة الضوء فى الفراغ}}{\text{سرعة الضوء فى الوسط}} = \frac{C}{v}$$

معامل الانكسار ليس له حدود وهو دائما أكبر من الوحدة لأن v دائما أقل من C،

ومعامل الانكسار للضوء فى الفراغ n = 1

وبالتالى فإن معاملات الانكسار لكثير من المواد تقاس بالنسبة للفراغ

والجدول التالى يبين معامل الإنكسار لبعض المواد (عند ٢٠° مئوية)

المادة	معامل الإنكسار	المادة	معامل الإنكسار
الماس	2.419	البنزين	1.501
الكوارتز	1.458	كحول الإيثيل	1.361
الزجاج	1.52	الجلسرين	1.473
الماء(ثلج)	1.309	الماء	1.333
الزركون	1.923	الكندا بلسم	1.537

ويلاحظ أنه إذا مر الضوء من وسط الى آخر فإن التردد لا يتغير أى يظل ثابتا وعلى ذلك فإن العلاقة

$$v = f\lambda$$

يجب أن تنطبق على الوسطين وبالتالى فإنه يمكن تمثيل هذه العلاقة كما يلى :-

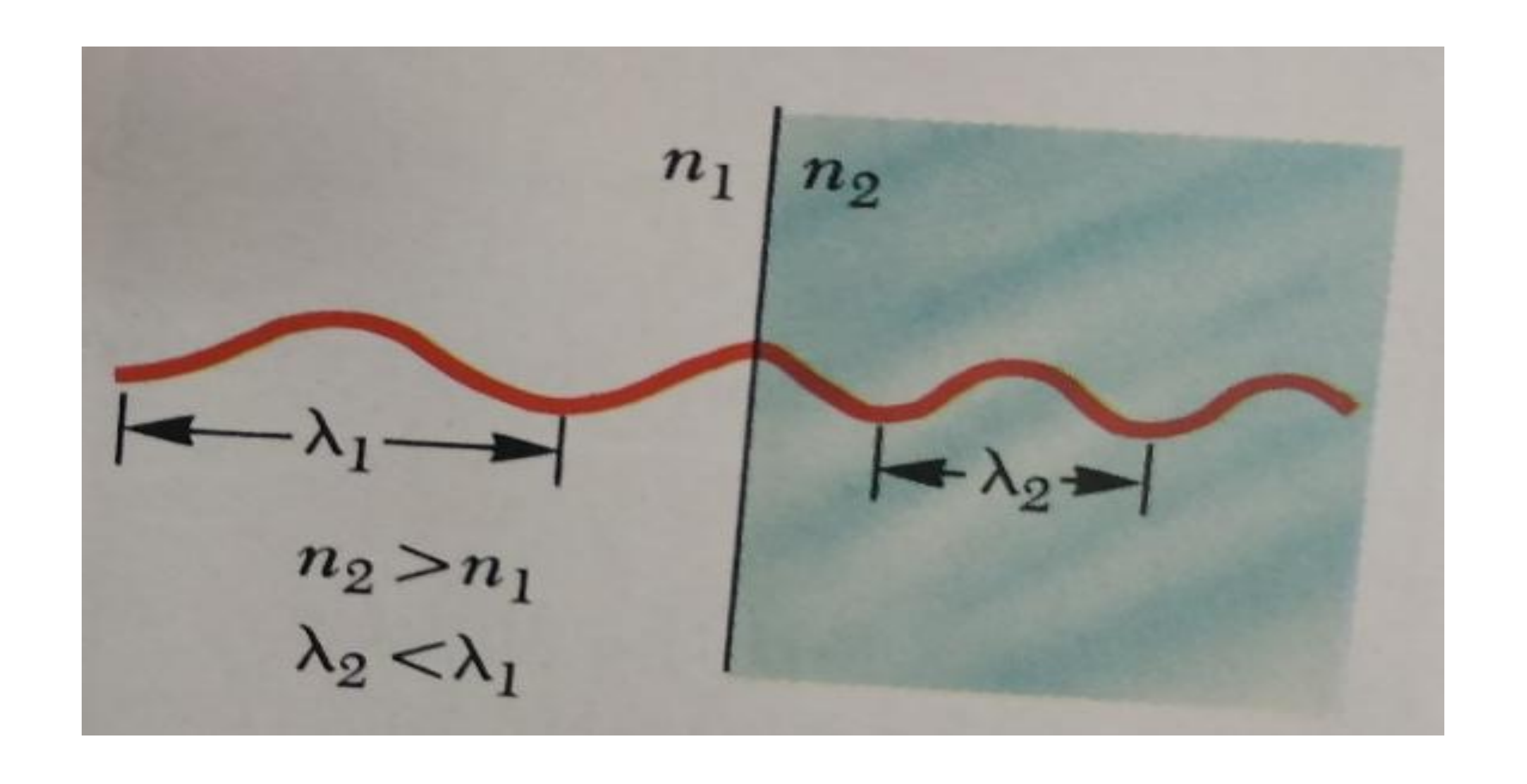
$$v_1 = f\lambda_1 \quad , \quad v_2 = f\lambda_2$$

من هاتين المعادلتين يتضح أن التردد f يظل ثابتا بينما يختلف الطول الموجي، يمكن أيضا إيجاد علاقة بين معامل الإنكسار والطول الموجى كما يلى:

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\lambda_1 n_1 = \lambda_2 n_2$$

معنى ذلك أن معامل الانكسار للوسط الأول يختلف عن معامل الإنكسار فى الوسط الثانى وتبع ذلك إختلاف الطول الموجى عن الطول الموجى للشعاع الأصلى الساقط على الوسط الثانى كما يوضحه الشكل التالي.

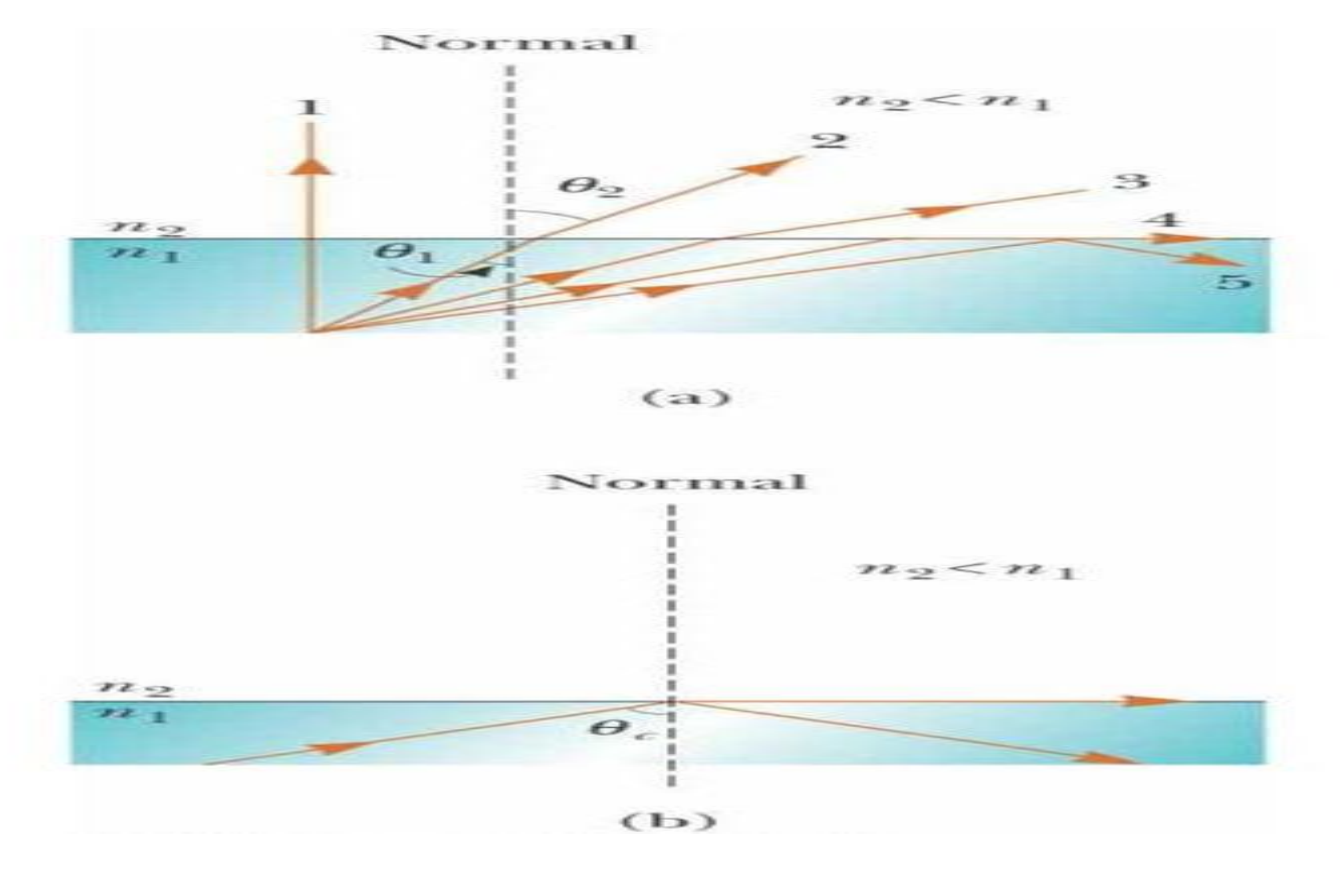


خاصية إنتشار الضوء:

علمنا أن معامل الانكسار يختلف باختلاف الطول الموجي للشعاع المستعمل (معامل الانكسار n هو دالة للطول الموجي) ومن قانون Snell الذى يدل على أن الضوء بأطواله الموجية سينكسر أيضا بزوايا مختلفة إذا سقط على مادة شفافة تسمح بمرور الضوء ومن ذلك أن الضوء الأزرق سينكسر أكثر من الضوء الأحمر عند المرور بمادة تكسر الضوء

الإنكسار التام والزاوية الحرجة

إذا كان معامل n_1 أكبر من n_2 فإن الشعاع المنكسر سيكون أكثر بعدا عن العمودى على الحد الفاصل بين الوسطين ونعلم أيضا أن جزءا من هذا الشعاع ينعكس، أما الانكسار فإنه يعتمد على زاوية السقوط فإذا زادت زاوية السقوط O_c فإن الشعاع قد يزداد انكساره حتى يكون موازيا للحد الفاصل بين المستويين وتسمى هذه الزاوية بالزاوية الحرجة Critical angle وتكون θ_2 (الشكل التالي).



يمكن تلخيص ذلك فى القاعدة التالية:
يحدث انكسار تام (انعكاس داخلي) عندما يمر الضوء من وسط ذو معامل انكسار ما إلى وسط ذو معامل انكسار أقل.

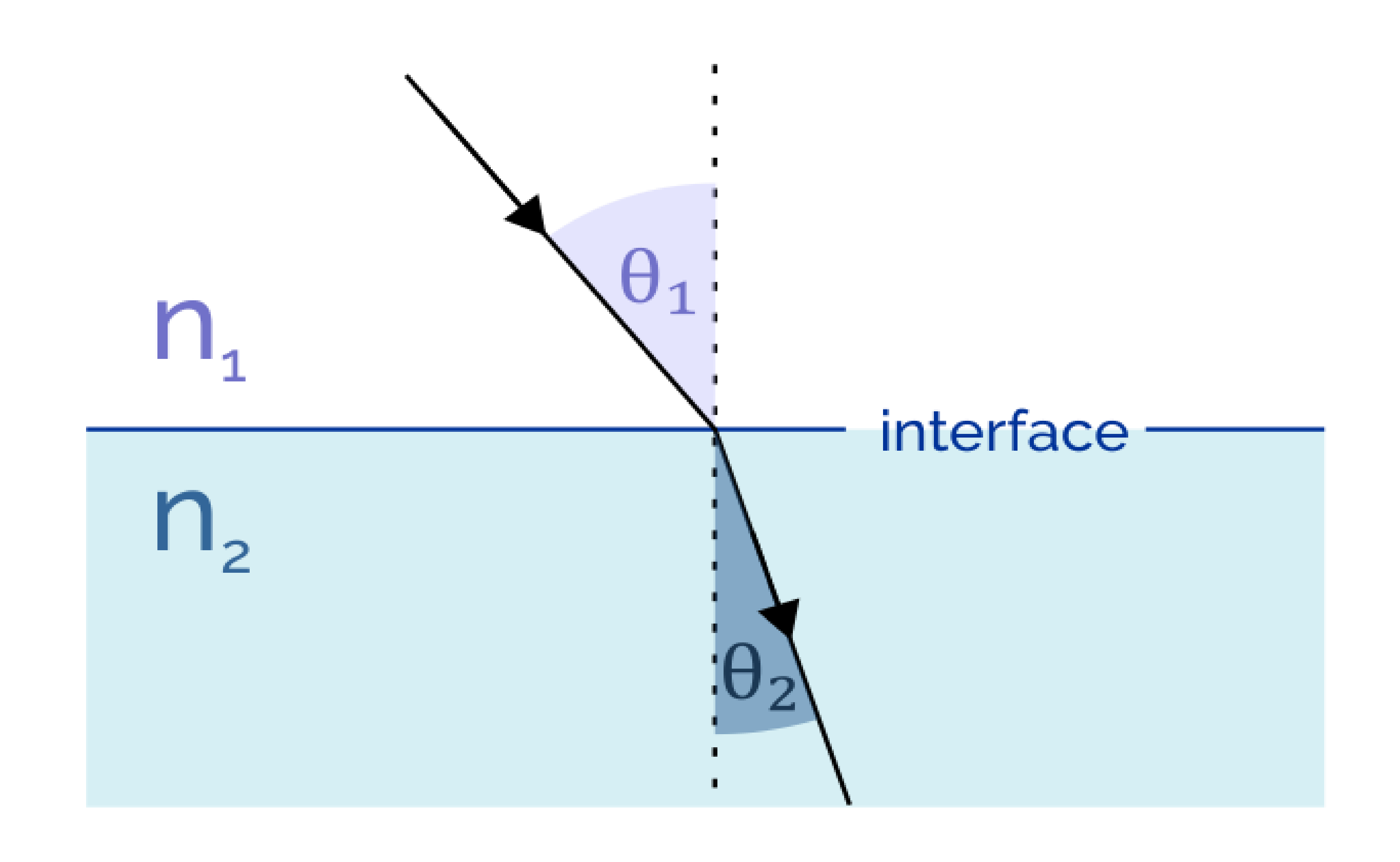
فإذا كان الوسط الأول الفراغ (أو الهواء من الناحية العملية) فإن $n_1 = 1$ وهو إستنتاج من المعادلة السابقة وبالتالى فإن معامل الإنكسار لأى وسط يمكن أن يعبر عنه كنسبة من الأطوال الموجية:

$$n = \frac{\lambda_o}{\lambda_m}$$

حيث λ_o الطول الموجى فى الفراغ وأن λ_n الطول الموجى للوسط الذى معامل إنكساره n .

وتعتبر الصيغة العامة لقانون Snell هي

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$



θ_1
n_1
interface
n_2
θ_2

الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic waves

هذه الموجات نوع خاص من الطاقة له خواص مغناطيسية كهربية من أنواع أخرى من الموجات وهذه الموجات خلاف الموجات الميكانيكية الأخرى يمكنها أن تنتشر فى الفراغ.

تمكن ماكسويل (١٨٣١) من وضع معادلات توضح الظواهر المغناطيسية الكهربية.

تمكن بعدها هرتز Heinrich Hertz (١٨٨٨) من إثبات توقعات ماكسويل بإنتاج موجات كهرومغناطيسية فى المعمل وهو ما أدى إلى التطور العملى لصناعة الراديو والتلفزيون والرادار كذلك فإن ماكسويل وجد موضوعات الضوء والاشعاع الكهرومغناطيسي.

من معادلات ماكسويل الأربعة الشهيرة فى الأماكن الحرة وجد أن سرعة الموجات الكهرومغناطيسية هى:

$$C = 2.99692 \times 10^{8}\ m/s$$

حيث C هى سرعة الموجة.

ويمكن تلخيص ما سبق فى الأتى :

١- تعتبر قوانين الانعكاس والانكسار لأشعة الضوء هى القوانين الأساسية فى البصريات الهندسية.

٢- يحدث الانعكاس الداخلي التام عندما ينتقل الضوء من وسط عال فى معامل انكساره الى وسط أقل فى معامل انكساره

٣- أن أقل زاوية سقوط θ_c تكون عندما يحدث انعكاس تام تحدث عند سطح الانفصال حسب المعادلة التالية :

$$\text{Sin}\ \theta_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (n_1 > n_2)$$

وهى الزاوية الحرجة للانعكاس التام

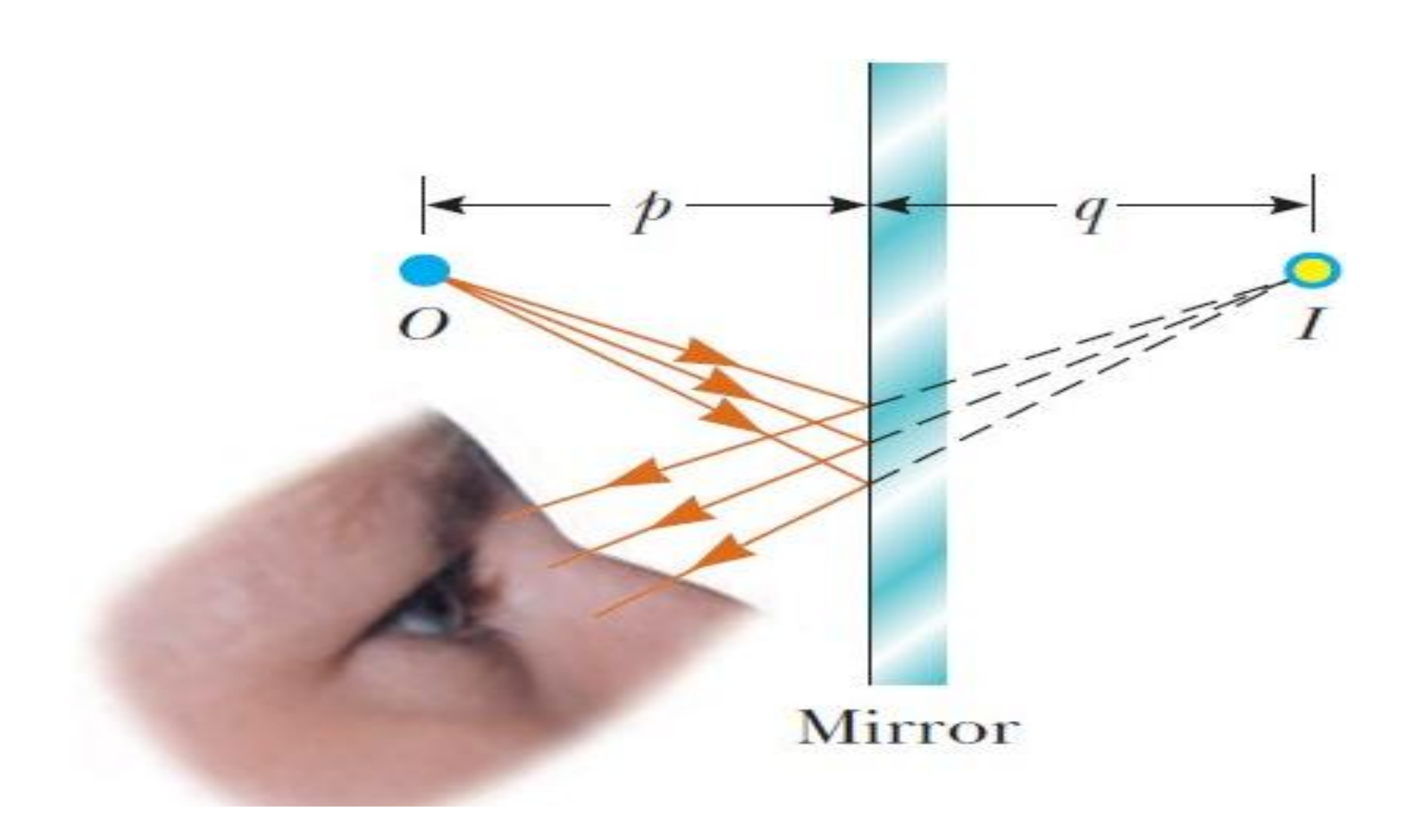
البصريات الهندسية Geometric Optics

هى الوحدات التي تستعمل فى الأجهزة والأنظمة الضوئية (المرايا والعدسات) الاهتمام هنا بدراسة تكوين الصور Images التى تتكون عندما تسقط حزمة ضوئية على مستوى أو سطح دائرى أو كروى، حيث تتكون هذه الصور نتيجة الإنعكاس أو الإنكسار .

المرآيا المستوية

١- الصور الناتجة من المرايا المستوية:

تظهر الصورة خلف المرآة وتكون مصدر الضوء (الهدف) مسافته من المرآة هى المسافة العمودية أمام المرآة للهدف ونجد أن الأشعة الصادرة من هذا الهدف تنعكس على المرآة فإذا تقاطعت مع هذه الأشعة المنعكسة عين الناظر تظهر نقطة الصورة خلف المرآة على مسافة عمودية كما فى الشكل التالي ويبدو الضوء كأنه قادم من هدف على الناحية الأخرى من المرآة.



p
q
O
I
Mirror

المرايا الكرية أو المنحنية:

هى مرايا سطحها العاكس (اللامع) جزء من سطح كرة جوفاء

أنواع المرايا الكرية

يوجد نوعان للمرايا المنحنية spherical mirror حيث تختلف زاوية انعكاس الضوء المصطدم بسطح المرآة المنحنية حسب نوعها، وهذان النوعان هما:

١- المرآة المقعرة أو المرايا المنحنية للداخل concave spherical mirror :

مرآة سطحها العاكس جزء من السطح الداخلي لكرة جوفاء أو هي المرايا التي تعكس مجموعة من أشعة الضوء من مصدر بعيد في موقع واحد يعرف باسم النقطة المركزية (البؤرة)، فتظهر فيها الصور مكبرة، مثل مرايا المكياج، كما ويعمل ميلان الانحناء على تحديد عامل التكبير والبعد البؤري.

٢- المرآة المحدبة أو المُنحنية للخارج convex spherical mirror

مرآة سطحها العاكس جزء من السطح الخارجي لكرة جوفاء أو هي المرايا التي تعكس أشعة الضوء في مساحة واسعة، فتظهر فيها الصور أصغر وأبعد من تلك الموجودة على المرآة المستوية، مثل مرايا الرؤية الخلفية للسيارات، ومرايا المراقبة في المتاجر.

بعض المفاهيم المرتبطة بالمرايا:

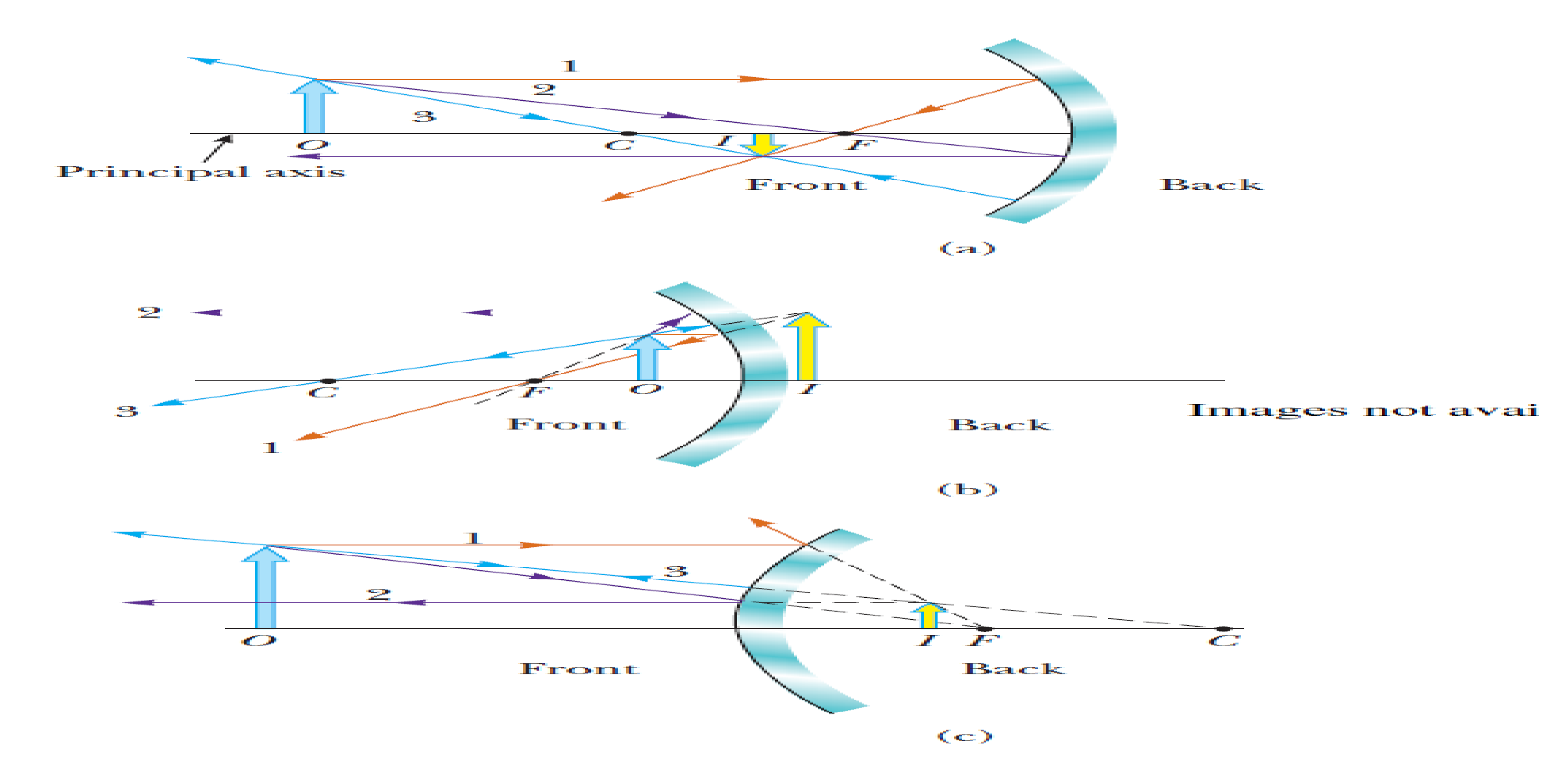
- مركز تكور المرآة: هو مركز الكرة التي تعتبر المرآة جزءاً منها
- قطب المرآة : نقطة وهمية تتوسط السطح العاكس للمرآة الكرية
- نصف قطر تكور المرآة: هو نصف قطر الكرة التي تعتبر المرآة جزءاً منها
- المحور الأصلي للمرآة: المستقيم المار بمركز تكور المرآة وقطبها
- المحور الثانوي للمرآة: المستقيم المار بمركز تكور المرآة وأي نقطة على سطحها العاكس عدا قطبها
- البؤرة الأصلية للمرآة: نقطة تجمع أو تلاقي الأشعة الضوئية المنعكسة أو امتداداتها، وتنشأ من سقوط الأشعة الضوئية المتوازية والموازية للمحور الأصلي للمرآة الكرية
- البعد البؤري للمرآة: المسافة بين البؤرة الأصلية للمرآة وقطبها

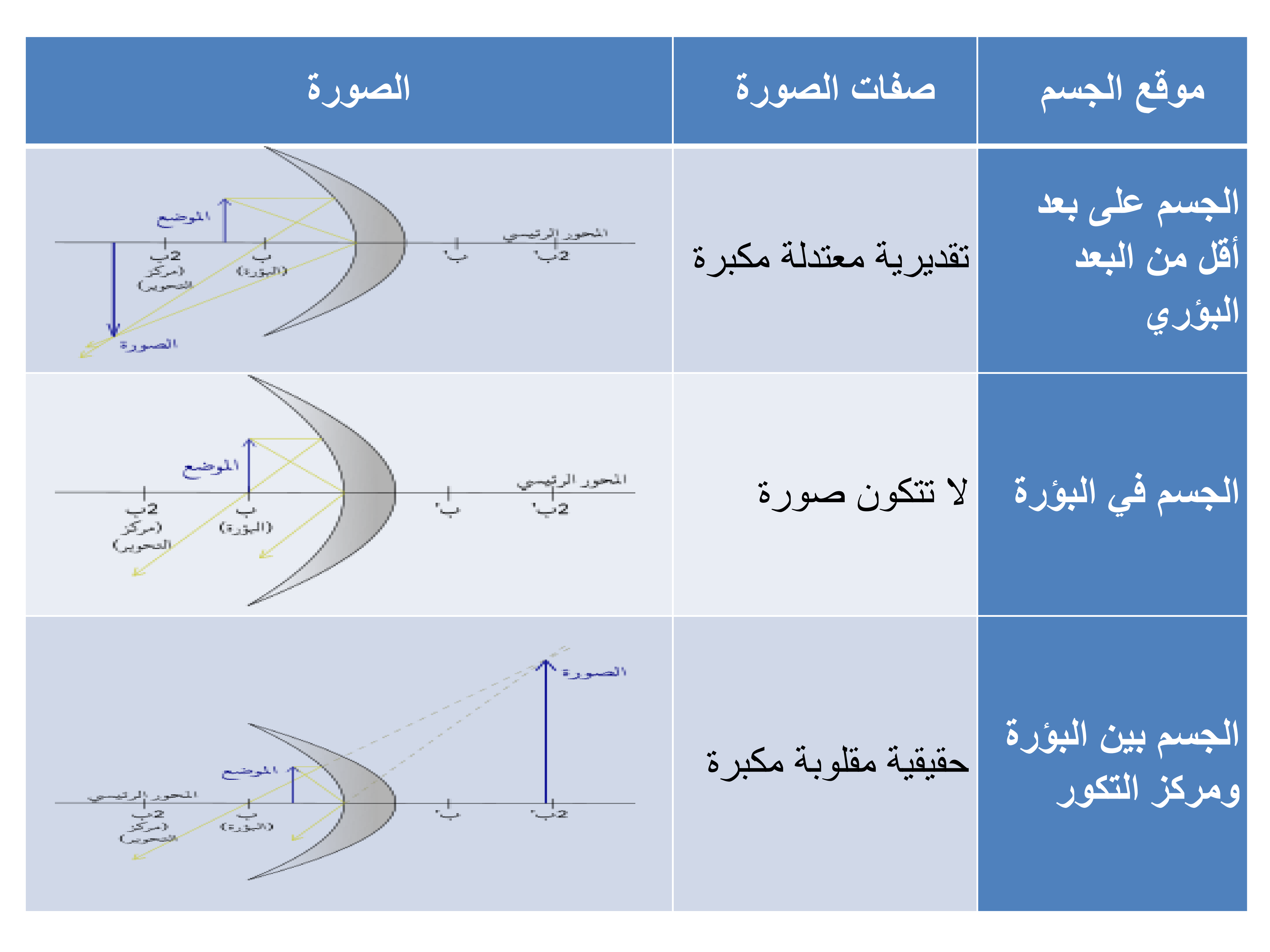
المرايا المقعرة Concave Mirrors

١- إذا كان الهدف (o)أبعد من مركز دائرة المرآة (c) فإن الأشعة المشتتة والصادرة منه تنعكس من المرآة إلى نقطة الصورة أى تظهر الصورة هنا حقيقية أمام المرآة وأصغر ومقلوبة (الشكل التالي)

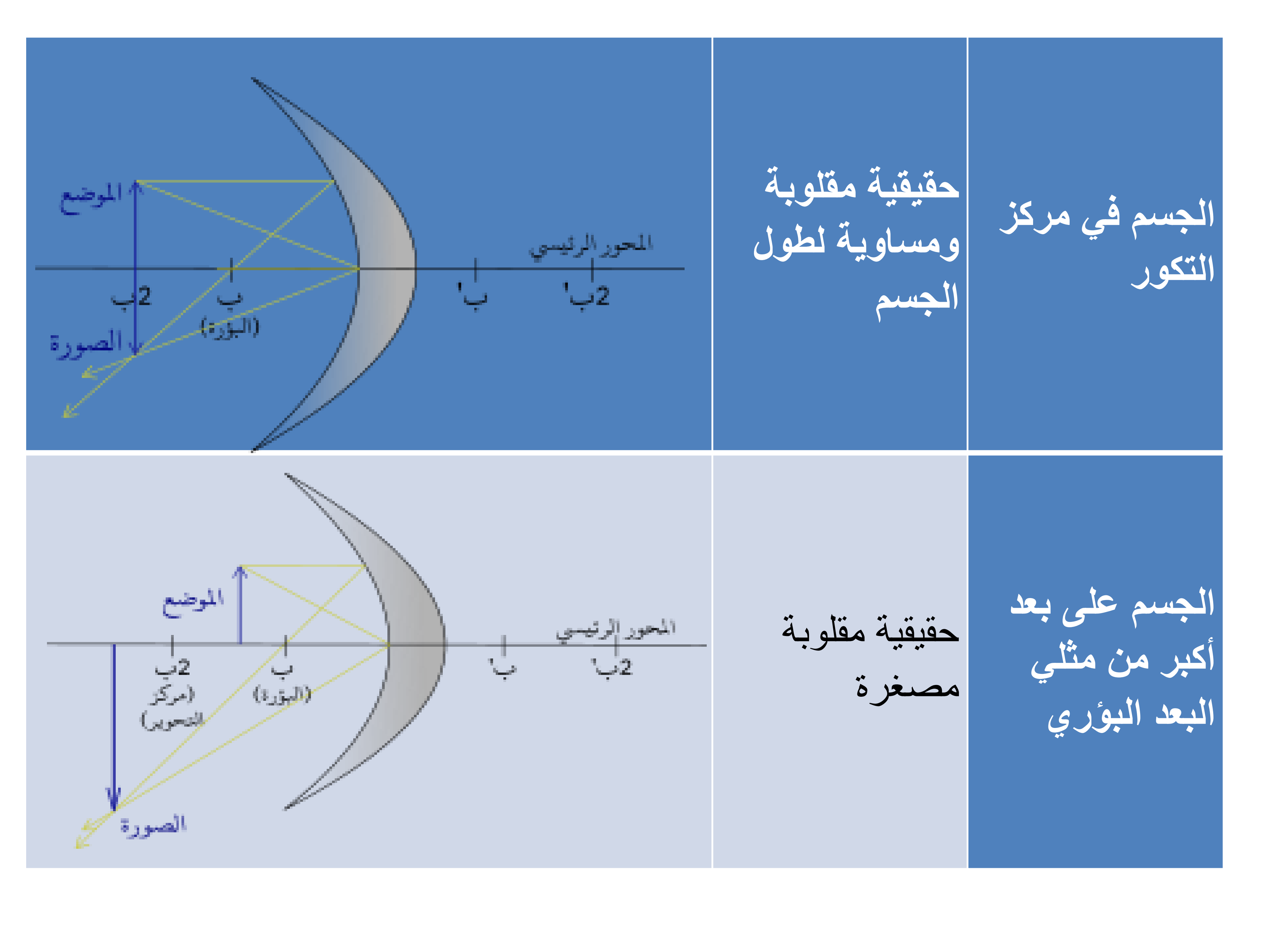
٢- إذا كان الهدف (o) بين البؤرة والمرآه فإن الصورة تكون تقديرية خلف المرآة.

٣- إذا كان الهدف (o) أبعد من المرآه خلف البؤرة f تبدو الصورة ورائه مقلوبة وأكبر منه وهى صورة حقيقية.





الصورة	صفات الصورة	موقع الجسم
	تقديرية معتدلة مكبرة	الجسم على بعد أقل من البعد البؤري
	لا تتكون صورة	الجسم في البؤرة
	حقيقية مقلوبة مكبرة	الجسم بين البؤرة ومركز التكور


الجسم في مركز التكور
حقيقية مقلوبة ومساوية لطول الجسم
الموضع
المحور الرئيسي
2ب
ب
(البؤرة)
ب'
2ب'
الصورة
الجسم على بعد أكبر من مثلي البعد البؤري
حقيقية مقلوبة مصغرة
الموضع
المحور الرئيسي
2ب
ب
(البؤرة)
ب'
2ب'
الصورة

المرايا المحدبة Convex Mirrors

هنا البؤرة ومركز الدائرة خلف المرآة والهدف أمام المرآة ستبدو له صورة تقديرية خلف المرآة بين البعد البؤري والمرآة.

الصور الناتجة من إنكسارات الأشعة Images Formed by Refraction

تكون هذه الصورة نتيجة انكسارات الأشعة على سطح كروى شفاف فإذا كان لدينا وسطين شفافين لهما معاملات انكسار n_1 ، n_2 والحد الفاصل بين الوسطين كروى بنصف قطر R (الشكل التالي) فإن الهدف O فى الوسط الذى معامل انكساره n_1 فإن الأشعة الصادرة من هذا الهدف ستنكسر على سطح الجسم الكروي وتتجمع فى بؤرة عند النقطة **I** وهى نقطة الصورة والعلاقة بين معاملات الانكسار للوسطين ومسافة الهدف والصورة (تقديرية) هى:

$$\frac{n_1}{S} + \frac{n_2}{S'} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

العدسات Lenses

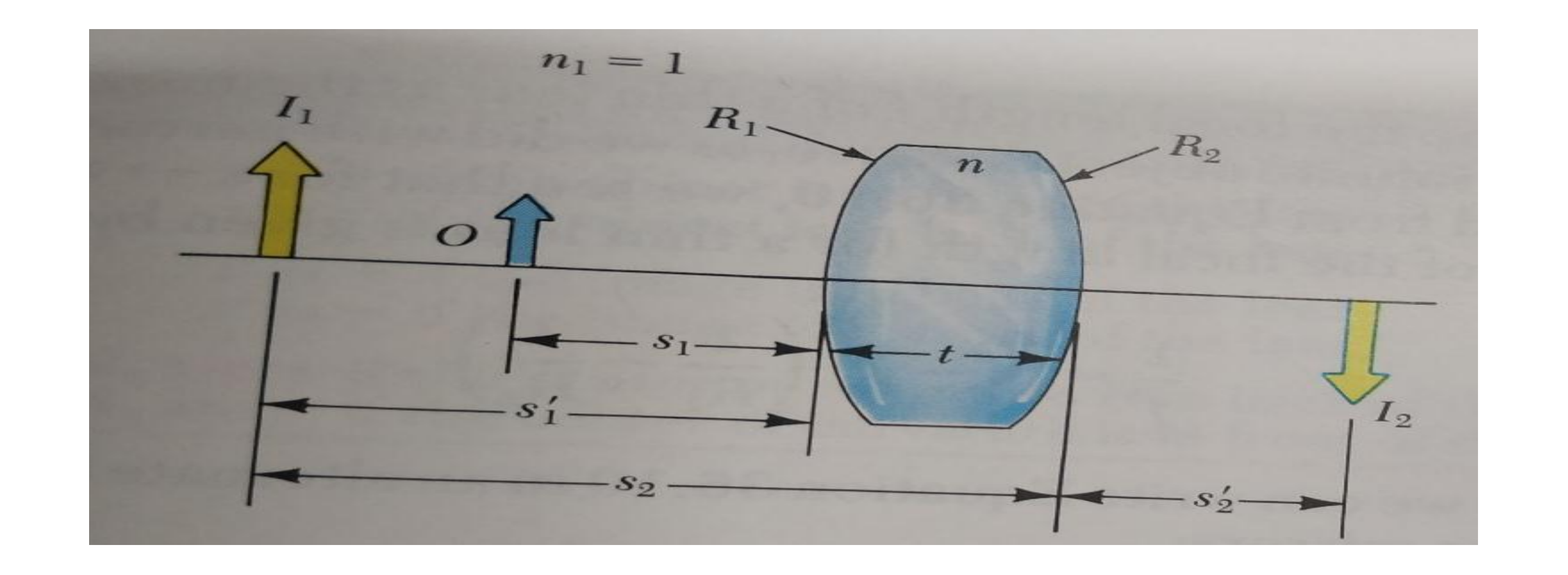
وسط كاسر للضوء يحده سطحان كريان

وتستعمل العدسات لتكوين صورة بواسطة ظاهرة الانكسار فى الأجهزة البصرية.

الفكرة الأساسية لتحديد الصورة النهائية لعدسة ما هى استعمال الصورة المكونة بواسطة سطح انكسار ليكون الهدف للسطح الثاني.

والشكل التالي يظهر فيه أن معامل انكسار العدسة n وأن نصف قطر سطحي العدسة R_2، R_1 بوضع هدف عند النقطة O على مسافة S_1 أمام سطح الانكسار الأول، فى هذا المثال فقد أختير S_1 ليظهر الصورة التقديرية I_1 على يسار العدسة، هذه الصورة ستكون هدفا للسطح الأخر الذى له نصف قطر R_2 الذى ينتج عنه صورة حقيقية I_2. باستعمال المعادلة السابقة نفرض أن $n_1 = 1$ ونجد أن الصورة التى تكونت من السطح الأول تحقق المعادلة :

$$\frac{1}{S_1} + \frac{n}{S'_1} = \frac{n-1}{R_1}$$



بتطبيق المعادلة التى ذكرت من قبل ونفرض أن $n_1 = n$ ، $n_2 = 1$ ومعنى هذا أن الضوء يقترب من سطح الانكسار الثاني كما لو كان قد أتى من الصورة I_1 المكونة بواسطة سطح الانكسار الأول وبفرض S_2 هى مسافة الهدف ،S'_2 هى مسافة الصورة للسطح الثاني.

$$\frac{n}{S_2} + \frac{1}{S'_2} = \frac{1-n}{R_2}$$

لكن $S_2 = -S_1 + t$ حيث t هي سمك العدسة ، S'_1 هو رقم سالب ، S_2 موجب حسب الرسم ، وبالنسبة لعدسة رقيقة يمكن إهمال t .

فى هذا المثال ومن الشكل السابق نرى أن $S_2 = -S'_1$ ولذلك :

$$-\frac{n}{S'_1} + \frac{I}{S'_2} = \frac{I-n}{R_2}$$

فى المعادلة السابقة يمكن إختصار S_1 ، S'_2 وتسمى مسافة الهدف S ومسافة الصورة S' لنحصل المعادلة الأتية :

$$\frac{1}{S} + \frac{1}{S'} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

بإضافة معادلة ١ ، ٣ نحصل على المعادلة :

$$\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S'_2} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

هذه المعادلة تطبق فقط فى العدسات ثنائية التحدب biconvex وفى حالة الأشعة المارة بمركز العدسة (المحور الرئيسي) وفى حالة العدسات الرقيقة بالنسبة لأنصاف أقطار R_2 ، R_1

تداخل الموجات الضوئية Interference

يمكن لموجتين أن تضاف لبعضهما بما يفيد التدعيم أو الهدم وهو ما يعبر عنه بتداخل الموجات، ففي حالة التداخل البنائي أو ما ينتج عنه تدعيم للموجات فإن مدى التردد للموجتين يكون أكبر من مدى التردد لأى منهما وعلى العكس فإن الموجات إذا أضيفت لبعضهما وكانت النتيجة هدم فإن مدى التردد للشعاعين يكون أقل من أى واحد منهما.

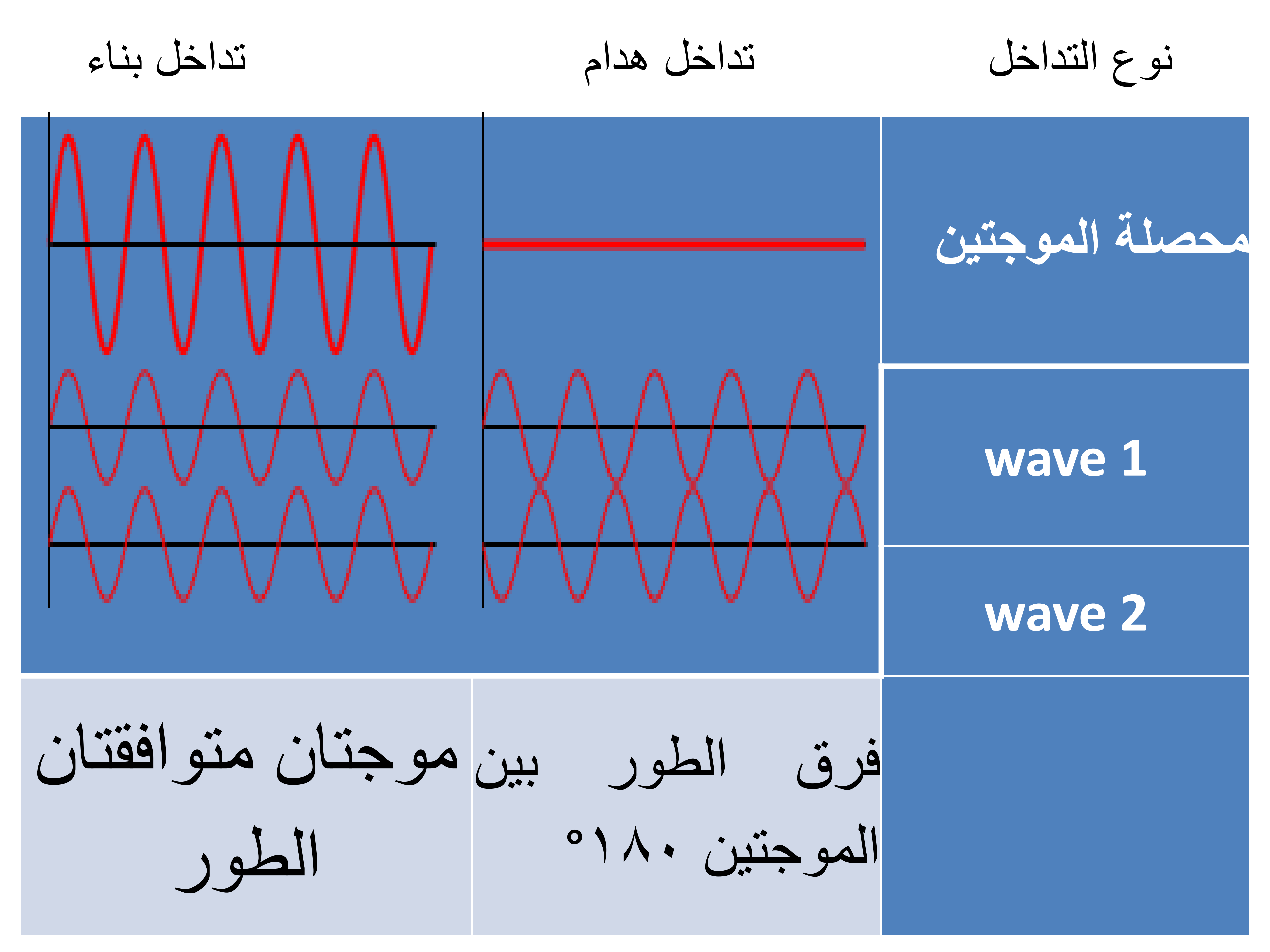
وعلى ذلك فإن التداخل ظاهرة تمثل موجتين انطبقتا لتكوين موجة واحدة لها مدى تردد أكبر أو أصغر من كليهما.

وتتراوح سرعة الضوء (الطيف المرئى) بين 400-700 nm أى 40×10^{-7} to 7.0×10^{-7} m فى الثانية وذلك بين الأشعة تحت الحمراء (الأطول) والأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet (الأقصر) وهذا يعنى أن تردده يقع ما بين 430-750 THz تيراهيرتز.

ويقاس الضوء بالطول الموجي (نانومتر) λ أو التردد (Hertz).

ويعرف الطول الموجى بأنه يساوى المسافة بين قمتين من التردد أو المسافة بين منخفضين أو قاعين من الموجة.

ويعرف التردد بأنه عدد الموجات التي تمر بنقطة ما على اتجاه الموجة فى الثانية.


نوع التداخل
تداخل هدام
تداخل بناء
محصلة الموجتين
wave 1
wave 2
فرق الطور بين الموجتين ١٨٠°
موجتان متوافقتان الطور

ولملاحظة التداخل بين موجات الضوء لابد أن تتوفر الشروط الأتية:
١- يجب أن تكون مصادر موجة الضوء لها مكان ثابت، أى أن كل نقطتين متتاليتين يجب أن تكون وضعهما على الموجة واحدا.
٢- يجب أن تكون مصادر الضوء له نفس الطول الموجي monochromatic
لقد تم إيضاح ظاهرة تداخل موجات الضوء من مصدرين بواسطة العالم توماس ينج ١٨٠١ كما فى الشكل التالي حيث وضع مصدرا للضوء وأمامه حاجز له فتحتين: فتحة المصدر ضيقه S_O الذى يحدث أن الضوء الخارج من هذه الفتحة S_O يصل إلى الحاجز ذو الفتحتين المتوازيتين S_1 ، S_2هاتين الفتحتين تمثلان مصدرين للضوء لها نفس الموقعين لأن كل منهما يصدر عن نفس جهة الموجه وعلى ذلك تمثلان علاقة موقع ثابت (جبهة الموجه هى المستويات التى تمثل موجات متوازية تتحرك فى نفس الاتجاه مع الموجه وقد تكون مستوية أو دائرية).

(a)

إذا لحقت موجه بأخرى حتى تأخرت عنها فى بداية الإطلاق بعدد صحيح من الطول الموجى يقال أن التداخل هنا بناء Constructive أما إذا كان التأخر أقل من عدد صحيح من الطول الموجى فإن الموجتين تتداخلا هرميا وفى هذه الحالة لا تكون الموجتين فى موقع واحد، مسافة التأخر (أو التقدم) هذه تمثل فرق المسار بين الشعاعين δ حيث أن فرق المسار هذا يساوى:

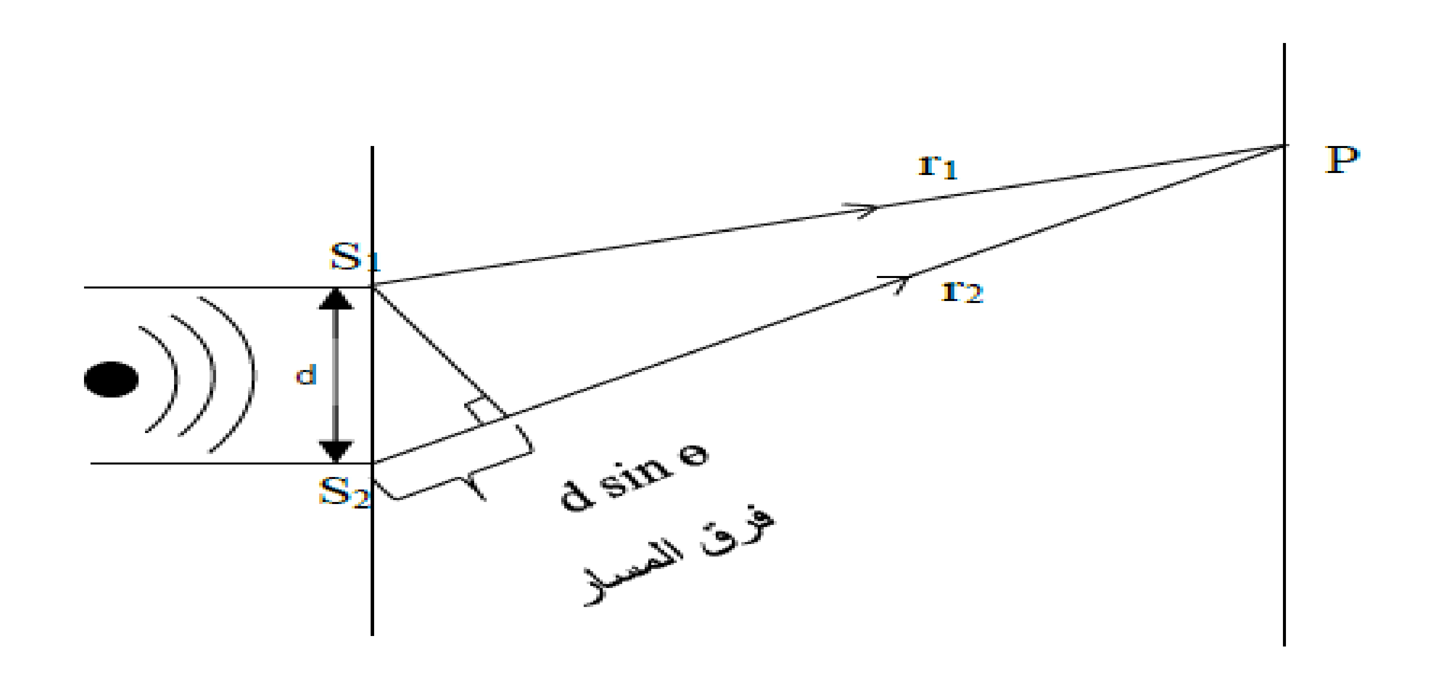
$$d \sin \theta \ \delta$$

على فرض أن الشعاعين متوازيين فإن فرق المسار يؤدى الى تداخل بناء إذا كان واحد صحيح من الطول الموجى أى:

$$n \lambda = d \sin \theta$$

حيث n هى عدد صحيح من الطول الموجي (1, 2, 3.....).

ومن الشكل التالي نجد أن شعاعين r_1, r_2 أحدهما أسرع من الآخر فى الوصول إلى لوح الاستقبال وهو الشعاع r_1 بمسافة تقديرية $r_2 - r_1 = d \sin \theta$ وقد حسبت بناء على أساس رسم عمود على الموجة r_2 وينتج عنه مثلث قائم يمكن فيه إيجاد فرق المسار.



ظاهرة تشتت الضوء Diffraction

هى ظاهرة تصف الإنثناء الظاهرى للأمواج الصادرة من مصدر ضوئى ذو فتحة أقل من الطول الموجى فإذا قابلها عائق صغير تنثنى حوله (تتشتت).

وتعرف عملية التشتت أيضاً من خلال حقيقة أنه لكل طول موجي - لكل لون- معامل انكسار خاص به، هذا الأمر الذي يؤدي إلى تحلل الضوء وظهور ألوان الطيف السبعة،

أما عملية الاستقطاب فهي عملية تخفيف شدة الضوء من خلال السماح لمركبة موجة الضوء التي هي بزاوية مساوية للزاوية التي ضبط المستقطب عليها؛ حيث إن موجة الضوء القادمة من المصدر تكون في حالة اهتزاز في جميع الاتجاهات، لكن عند الاستقطاب فإن المستقطب يسمح للموجة التي تهتز بزاوية محددة بالعبور بينما يعكس باقي الموجة، ويمكن القول بكلمات بسيطة إنه يخفف شدة الضوء.

تطبيقات الضوء في المجال الزراعي:

الأجهزة المبنية علي الانعكاس والانكسار:

الأجهزة البصرية مثل الميكروسكوب البسيط والذي يستخدم في المعامل لرؤية وفحص الأجسام الدقيقة، وهو يتركب من عدسة محدبة ذات بعد بؤري صغير يوضع الجسم أمامها على بعد أقل من البعد البؤري لها فيتكون للجسم صورة تقديرية معتدلة مكبرة، كما يوضحه الشكل.



٢- أجهزة التحليل المعتمدة على الطيف:

توجد عدة أجهزة تستخدم فى التحليل الكيميائي لمعرفة تركيب المادة وكمياتها وتركيزها وتعتمد أساسا على الطيف المنظور مثال ذلك:-

جهاز قياس شدة طيف العناصر فى اللهب Flam photometer

وهو جهاز يستخدم فى تقدير العناصر فى مركباتها

ويعتمد الجهاز على أن مركبات العناصر تتحلل فى اللهب وينبعث منها اشعاعا يكون فى المنطقة المرئية من الطيف وكل عنصر ينبعث منه فى اللهب اشعاع له طول موجى معين يتوقف على نوع العنصر وعليه فإن شدة الانبعاث تتناسب مع تركيز العنصر وتتحول شدة الانبعاث الطيفي هذه بواسطة خلية ضوئية إلى تيار كهربي يمكن قياسه بواسطة جلفانوميتر وبالتالي تتوقف شدة هذا التيار الكهربي على تركيز المادة ويمكن بواسطة هذا الجهاز تقدير تركيز العناصر فى مركباتها. وفى بعض أنواع لهذا الجهاز يمكن الحصول مباشرة عن طريق شاشة رقمية على تركيز العنصر.

ألوان بعض العناصر فى اللهب:

الكالسيوم: يلون اللهب باللون الأحمر

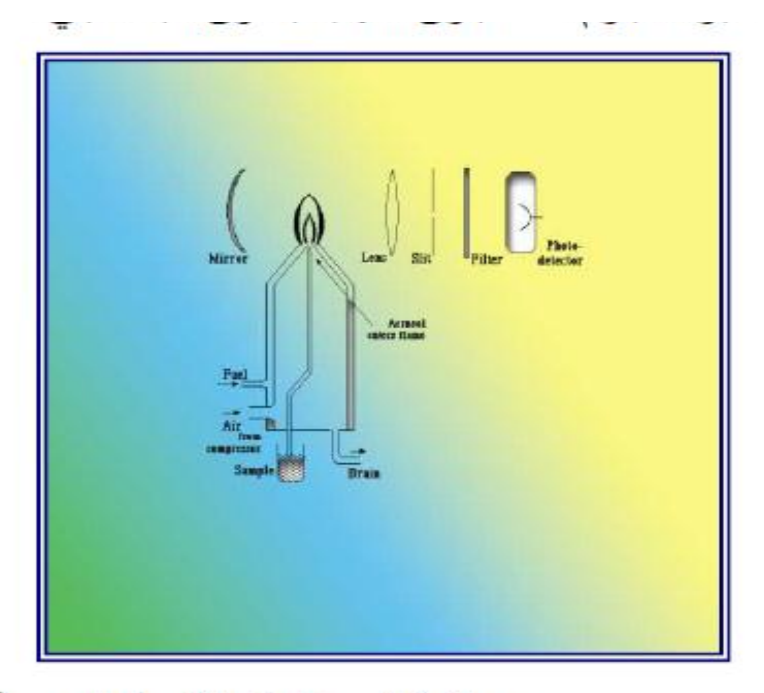
استرانشيوم: يلون اللهب باللون الأحمر القرمزي

الباريوم: يلون اللهب باللون الأخضر

الصوديوم: يلون اللهب باللون الأصفر

البوتاسيوم: يلون اللهب اللون البنفسجي





جهاز قياس شدة طيف العناصر في اللهب **Flame photometer**

الليزر أو **تضخيم الضوء بالانبعاث المحفز للإشعاع**

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

اختصاراً LASER هو إشعاع كهرومغناطيسي تكون فوتوناته مساوية في التردد ومتطابقة الطور الموجي حيث تتداخل تداخلا بناءً بين موجاتها لتتحول إلى نبضة ضوئية ذات طاقة عالية وشديدة التماسك زمانيا ومكانيا ذات زاوية انفراج صغيرة جدا وهو مالم يمكن تحقيقه باستخدام تقنيات أخرى غير تحفيز الإشعاع .

تستخدم اشعة الليزر في عدة مجالات بسبب طاقتها العالية وزاوية انفراجها الصغيرة جدا أهمها:

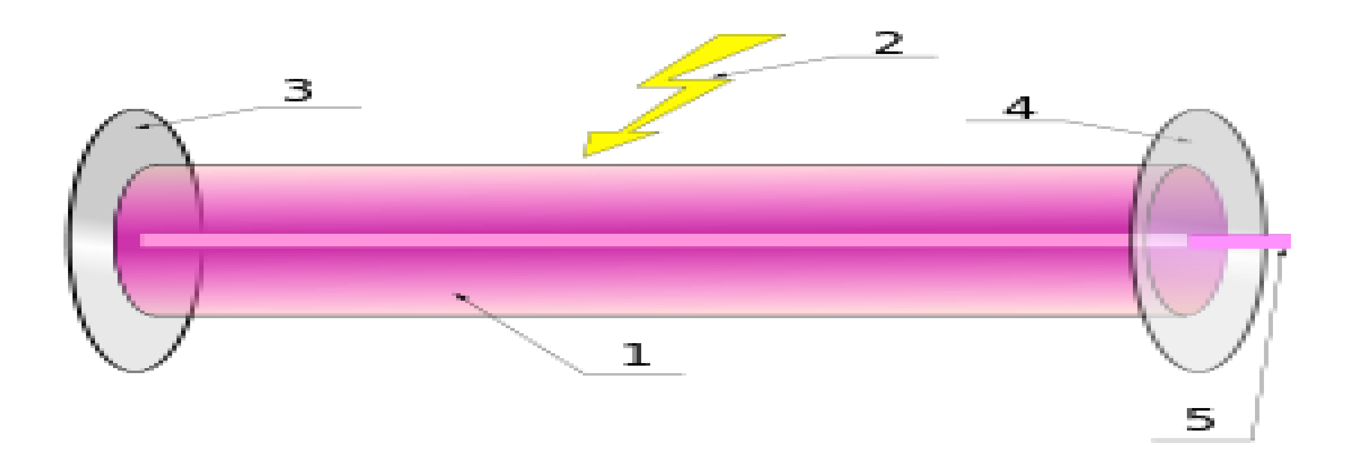
قياس المسافات الصغيرة جدا أو الكبيرة جدا بدقة متناهية

إنتاج الحرارة لعمليات القطع الصناعي وفي العمليات الجراحية

يستخدم أيضا في الأجهزة الإلكترونية لتشغيل الأقراص الضوئية.

يستخدم في التسوية الدقيقة للأراضي

دراسة وقياس التلوث الجوي في المدن الصناعية



الشكل يوضح أجزاء جهاز الليزر.
(1)الوسط أو البلورة المنتجة لأشعة الليزر (مادة توليد الليزر)
(2) طاقة كهربائية لتحفيز الوسط الفعال على إصدار الموجات الضوئية (مضخة طاقة الليزر)
(3)عاكس للضوء(مرآة) عال الأداء (عاكس قوي)
(4)عدسة خروج الشعاع وقد تكون مستوية أو عدسة مقعرة (مخرج الأنبوب)
(5)شعاع الليزر الخارج

ويعمل جهاز الليزر على انعكاس ضوء ذو لون واحد أي ذو طول موجة واحدة بين المرآة الخلفية (٣) والعدسة. ويتم ذلك بتحفيز الوسط على إنتاج ذلك اللون من الضوء وهي خاصية من خصائص البلورة المختارة أو الوسط. وبعد انعكاس شعاع الضوء داخل الوسط عدة مرات تصل الموجات الضوئية المتجمعة إلى وضع اتزان. عندئذ تتميز بانتظام طورها وتخرج كشعاع ليزر شديد الطاقة

